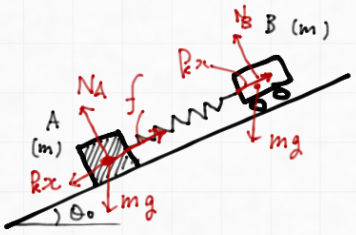
金沢大 2022

3

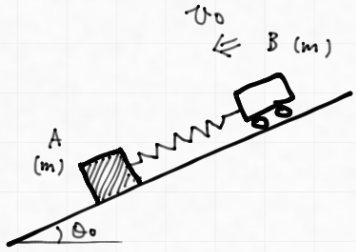
A: $\begin{cases} kx + mg\sin\theta_0 = f \leqq \mu N_A \\ N_A = mg\cos\theta_0 \end{cases}$

B: $\begin{cases} mg\sin\theta_0 = kx \\ N_B = mg\cos\theta_0 \end{cases}$



問1　Bについて、斜面方向の力のつりあいより　$x = \frac{mg}{k}\sin\theta_0$

問2　kxと同じ　$mg\sin\theta_0$　　$\therefore\ l_0 = l - \frac{mg}{k}\sin\theta_0$



問3　$f = 2mg\sin\theta_0$

問4　$\theta = \theta_M$ のとき $f = \mu N_A$

$$2mg\sin\theta_M = \mu mg\cos\theta_M$$

$$\mu = 2\tan\theta_M$$

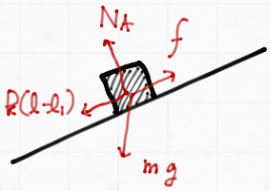
問5　弾性エネルギーについて　$\frac{mg}{k}\sin\theta_0$ だけ縮んでいたので　$\frac{1}{2}k\left(\frac{mg}{k}\sin\theta_0\right)^2 = \frac{m^2g^2}{2k}\sin^2\theta_0$

位置エネルギーについて　ばねの長さは $l - \frac{mg}{k}\sin\theta_0$ となっていたので

$$mg\left(l - \frac{mg}{k}\sin\theta_0\right) \times \sin\theta_0 = mgl\sin\theta_0 - \frac{m^2g^2}{k}\sin^2\theta_0$$

問6　復元力のエネルギーを使う　$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}k\left(l - \frac{mg}{k}\sin\theta_0 - l_1\right)^2$

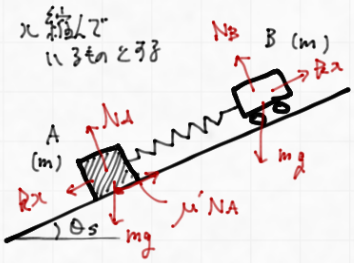
$$v_0 = \left(l - \frac{mg}{k}\sin\theta_0 - l_1\right)\sqrt{\frac{k}{m}}$$



ばねが

問7　最も縮んだときに摩擦力は最大となる

$$f = k(l - l_1) + mg\sin\theta_0$$



問8　内力である弾性力は考えない。

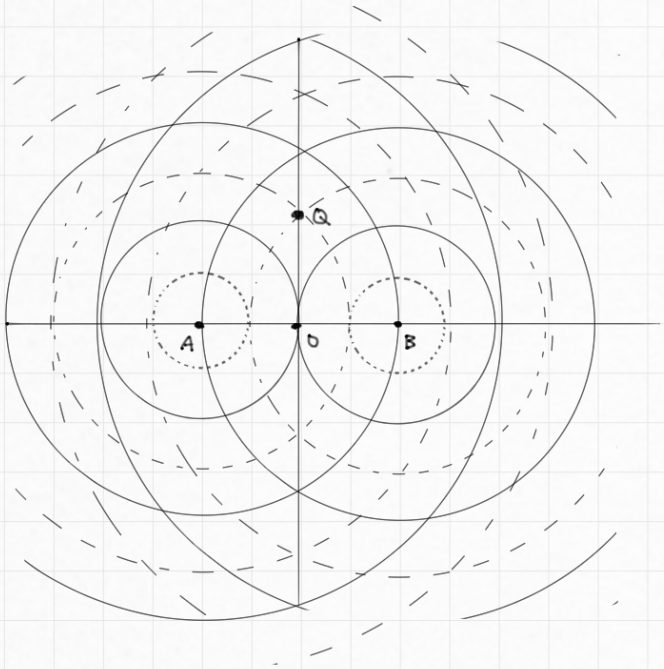
$$\begin{cases} (m+m)\alpha = mg\sin\theta_s \times 2 - \mu' N_A \\ N_A = mg\cos\theta_s \end{cases}$$

$$\alpha = g\sin\theta_s - \frac{\mu'}{2}g\cos\theta_s$$

$$\therefore\ |\alpha| = \left| g\sin\theta_s - \frac{\mu'}{2}g\cos\theta_s \right|$$

金沢大2022

4



問1 右図より 波長 $\lambda = \frac{d}{2}$ 速さ $v = f\lambda = \frac{fd}{2}$

問2 $|l_A - l_B| = \frac{\lambda}{2} \times (2m+1) = \frac{2m+1}{4}d$

x軸上 $-\frac{d}{2} < x < \frac{d}{2}$ を満たす点xについて、

$|l_A - l_B| = \left|x - \left(-\frac{d}{2}\right) - \left(\frac{d}{2} - x\right)\right|$

$= |2x| = \frac{2m+1}{4}d$ …①

$-\frac{d}{2} < x < \frac{d}{2}$ より $-d < 2x < d$ だから、

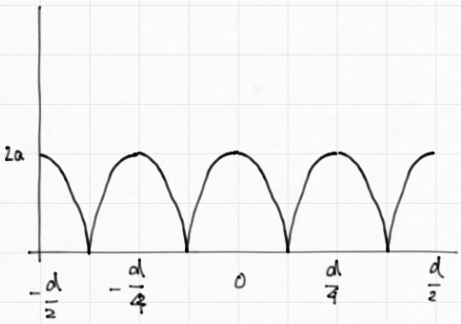
$m = 0, 1$ のとき ①は成り立ち、

$x = -\frac{3}{8}d, -\frac{1}{8}d, \frac{1}{8}d, \frac{3}{8}d$ の **4つ**

問3 問2の結果と、$x = -\frac{d}{2}, -\frac{d}{4}, 0, \frac{d}{4}, \frac{d}{2}$ のとき

2つの波が強めあい振幅が $2a$ になることから

右のようになる



問4 $\overline{AQ} = \frac{3}{4}d$ だから $\overline{OQ} = \sqrt{\left(\frac{3}{4}d\right)^2 - \left(\frac{1}{2}d\right)^2} = \frac{\sqrt{5}}{4}d$

点Oと点Qの位相差は π. したがって半周期で O → Q へ

進む. 平均速度を $\overline{v_{OQ}}$ として $\overline{v_{OQ}} = \frac{\sqrt{5}}{4}d \div \left(\frac{1}{2f}\right) = \frac{\sqrt{5}}{2}fd = \left(\frac{1}{2}fd\right) \times \sqrt{5}$ **$\sqrt{5}$倍**

問5 $l_A - l_B = x - \left(-\frac{d}{2}\right) - \left(\frac{d}{2} - x\right) = 2x$

初期位相の差が $\frac{\pi}{2}$ だから

$\frac{2x}{\lambda} \times 2\pi - \frac{\pi}{2} = 2m\pi$ （mは整数）

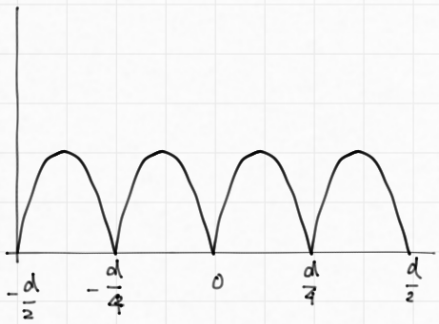
を満たすとき、強めあう。

$x = \frac{4m+1}{8}\lambda$

$-\frac{d}{2} < x = \frac{4m+1}{8} \times \frac{d}{2} < \frac{d}{2}$

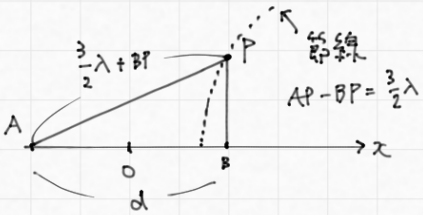
$-8 < 4m+1 < 8$

$-\frac{9}{4} < m < \frac{7}{4}$ $m = -2, -1, 0, 1$ $x = -\frac{7}{16}d, -\frac{3}{16}d, \frac{1}{16}d, \frac{5}{16}d$ の **4つ**



問6 上図 (1) **位相** (2) **f**

(3) $\overline{AB} = 2\lambda$ だから、距離差 $\overline{AB}$ によって位相のずれは生じない。したがって **Pだけ進ませる** とよい



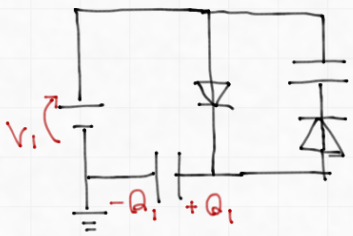
(4) $AP - BP = 2\lambda + \frac{\lambda}{2}$ となるときで、$x = \frac{d}{2}$ の位置 $\left(x_0 = \frac{d}{2}\right)$

(5) $\left(\frac{3}{2}\lambda + BP\right)^2 = d^2 + BP^2 \Leftrightarrow \left(\frac{3}{4}d + y_0\right)^2 = d^2 + y_0^2$

$y_0 = \frac{7}{24}d$

金沢大2022

5



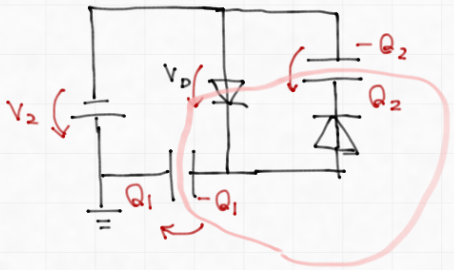
問1 D_1には順方向の電流が流れる。
D_2に順方向の電流が流れたとするとC_2下側に電荷がたまることになるが、右側回路の式を考えると不合理。

$$V_1 = \frac{Q_1}{C} \qquad Q_1 = CV_1$$

③の電位 V_1　④の電位 V_1　⑤の電位 V_1

問2 ⓑの電荷 CV_1　ⓒの電荷 0

問3 C_1のエネルギー $\frac{1}{2}CV_1^2$　C_2のエネルギー 0



問4 C_2に電荷が流れこんでいるのでD_2は順方向に電流が流れた(電圧は0)。それに対し、D_1には逆電圧(V_Dとする)がかかっている。

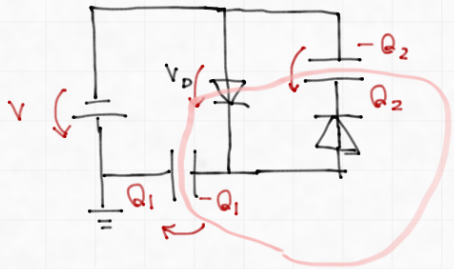
$$\begin{cases} V_2 = \frac{Q_1}{C} + V_D \\ V_D = \frac{Q_2}{C} \end{cases} \qquad V_2 = \frac{Q_1}{C} + \frac{Q_2}{C} = \frac{Q_1+Q_2}{C}$$

問5 左図枠内の電荷保存より

$$-Q_1 + Q_2 = CV_1$$

問6 $Q_1 + Q_2 = CV_2$
$-Q_1 + Q_2 = CV_1$ より $Q_1 = \frac{C(V_2-V_1)}{2}$, $Q_2 = \frac{C(V_1+V_2)}{2}$

問7 問6で$V_1 = V_2 = V$として $Q_1 = 0$, $Q_2 = CV$
その後、スイッチオ①側にすると$Q_1 = CV$となる。(ⓑ側にたまっている)
スイッチを②にたおして十分に時間が経ったとき、左下のようになったとすると、



$$\begin{cases} V = \frac{Q_1}{C} + \frac{Q_2}{C} \\ -Q_1 + Q_2 = 2CV \end{cases}$$

$Q_2 = \frac{3}{2}CV$, $Q_1 = -\frac{1}{2}CV$

ⓒにたまっているのは $Q_2 = \frac{3}{2}CV$

問8
$$\begin{cases} V = \frac{Q_1}{C} + \frac{Q_2^{(N+1)}}{C} \\ -Q_1 + Q_2^{(N+1)} = CV + Q_2^{(N)} \end{cases} \qquad Q_2^{(N+1)} = CV + \frac{1}{2}Q_2^{(N)}$$

問9 $N \to \infty$のとき $Q_2^{(N)} = Q_2^{(N+1)} = Q_\infty$とすると、

$$Q_\infty = CV + \frac{1}{2}Q_\infty \qquad Q_\infty = 2CV$$